

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-232398

(43)Date of publication of application : 10.09.1993

(51)Int.Cl. G02B 27/00
G01N 15/10

(21)Application number : 04-036262 (71)Applicant : CANON INC

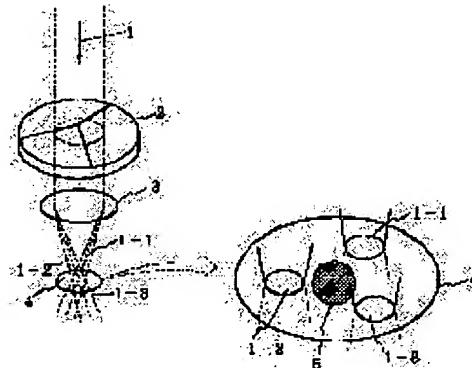
(22)Date of filing : 24.02.1992 (72)Inventor : ISAKA KAZUO

(54) OPTICAL TRAPPING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a technique which can optically trap such a particle on which a radiation pressure acts as a repulsive force by the simple method.

CONSTITUTION: A laser beam 1 having a gauss intensity distribution is trisected by an optical element 2 having a beam splitter function. Three pieces of these laser beams are converged around the particle on which the radiation pressure acts as a repulsive force. Even if the particle tends to move at this time, the particle is pushed back by receiving the radiation pressure of the laser beams and, therefore, the particle is optically trapped in this position.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.11.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number] 2714305
[Date of registration] 31.10.1997
[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-232398

(43)公開日 平成5年(1993)9月10日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 27/00

G 0 1 N 15/10

識別記号

E 9120-2K

2107-2J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全4頁)

(21)出願番号

特願平4-36262

(22)出願日

平成4年(1992)2月24日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 井阪 和夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ

ン株式会社内

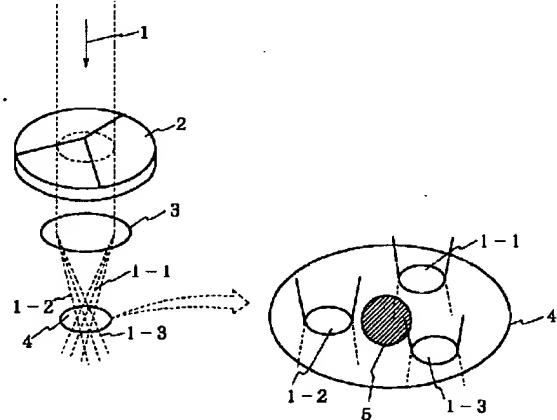
(74)代理人 弁理士 丸島 儀一

(54)【発明の名称】 光学トラップ方法

(57)【要約】

【目的】 放射圧が斥力として作用する粒子を簡単な方法によって光学的にトラップすることができる手法の提供を目的とする。

【構成】 ガウス強度分布のレーザビーム1をビームスプリッタ機能を持った光学素子2で3分割して、放射圧が斥力として作用する粒子の周囲にこれら3本のレーザビームを収束させる。ここで粒子が移動しようとしてもレーザビームの放射圧を受けて押し戻されるため、該位置に粒子が光学的にトラップされることになる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射圧が斥力として作用する粒子の周囲に、強度分布を持った複数本の光ビームを収束させることによって該粒子を光学的にトラップすることを特徴とする光学トラップ方法。

【請求項2】 前記複数本の光ビームの収束位置を同時に移動させることでトラップした粒子を搬送する請求項1の光学トラップ方法。

【請求項3】 前記光ビームはレーザビームである請求項1又は2記載の光学トラップ方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は媒質中に浮遊する粒子を光学的にトラップする光学トラップの技術分野に関する。

【0002】

【従来の技術】 球形の微粒子にレーザビームを集光すると光の運動量が変化するが、この時、運動量保存の法則に従って微粒子に放射圧（光圧）が働く。この力は、微粒子が照射レーザ光の波長に対して透明で且つその屈折率が周囲の媒質よりも高い場合に、レーザの焦点位置の方向を向き、それが重力等の外力とつり合った状態になると微粒子がトラップ（捕捉）される。この現象を利用した微粒子操作法がレーザトラッピング（レーザ捕捉）である。このレーザトラッピングの技術は、例えば細胞などを扱う医療分野などの応用が期待されている。

【0003】

【発明が解決しようとしている課題】 しかしながら微粒子が周囲よりも屈折率が低かったり、光を反射あるいは吸収する性質のものであると、放射圧がレーザ光から遠ざかる方向すなわち斥力として働くため、単純な構成ではこの微粒子をトラップできなかった。例えば、溶媒として一般的に使われる水は屈折率が低いため、水滴を他の液体中でトラップすることは困難である。又、光を反射する金属微粒子や光を吸収するカーボン微粒子等もレーザビームにはね飛ばされてしまいトラップできない。このような制約は、レーザトラッピングを極微化学に応用する上で大きな問題となる。

【0004】 そこで上述のような性質の微粒子をトラップするために、微粒子を取り囲むように集光レーザビームを円環状に走査することによって、微粒子が全ての方向から斥力を受けて光の輪の中に閉じ込められるようにした方法が提案されている。【新技術事業団創造科学技術研究報告会 Sympo sia' 91 (Tokyo) 講演要旨集 PART 4 P. 16】

【0005】 しかしながらこの方法では、レーザビームをガルバノミラー等により常時回転させる機構が必要であり、装置構成の複雑さや耐久性の面から好ましいものではない。又、微粒子の比重や大きさによってレーザビームの回転半径を適度に調整する必要があり、安定性高

くトラップすることは難しい。更には上記方法によってトラップした微粒子を所望の方向に移動搬送させたい場合、非常に複雑な装置構成を要する。

【0006】 本発明は上記課題を解決すべくなされたもので、放射圧が斥力として作用する粒子を簡単な方法によって光学的にトラップすることができる手法の提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決する本発明の光学トラップ方法は、放射圧が斥力として作用する粒子の周囲に、強度分布を持った複数本の光ビームを収束させることによって該粒子を光学的にトラップすることを特徴とするものである。

【0008】

【実施例】

＜実施例1＞ 図1は本発明の第1実施例を説明するための図面である。図示されていないレーザ光源（例えばHe-Neレーザ）から発したガウス強度分布を有するレーザビーム1はビーム分割機能を持った光学素子2に入射する。この光学素子2は薄い円柱形状をなし、一方の面が中央部を中心に斜めに3方向に削られ、円柱の一方の面を三角錐にした形状を有する。光学素子2の作用によって入射したレーザビームは3本の光束に分割されるが、これらは集光レンズ3により焦点面4に光束1-1, 1-2, 1-3と分かれて集光される。

【0009】 図面右側は焦点面4の拡大図を示す。微粒子5は周囲の媒体よりも屈折率が低い、あるいは光を反射又は吸収する性質を有するもの、すなわち放射圧が斥力として作用する微粒子である。3本のレーザ光束1-1, 1-2, 1-3の収束位置に囲まれた位置にある微粒子5は、仮に外側に動こうとしてもレーザ光束の放射圧が斥力として作用するために押し戻されて中心部から移動できず、レーザ光束に囲まれた位置にトラップされることになる。

【0010】 ＜実施例2＞ 図2は本発明の第2実施例を説明するための図面である。本実施例ではレーザビームを移動させることによって微粒子を搬送することができる。レーザ光源6から発したレーザビームは、光ピックアップ8を介して光分割機能を持った偏光変換素子9に入射する。なお、この偏光変換素子9の詳細については特開平3-191318号公報に記載されている。

【0011】 偏光変換素子9に入射したレーザビーム7は、偏光ビームスプリッタ9-1によってS波（反射）、P波（透過）の2つに分離される。反射されたS波はくさび形光学素子9-2により光軸が僅かに曲げられる。そして $\lambda/4$ 板9-3を通過し、ミラー9-4で反射された後、再び $\lambda/4$ 板9-3を通過すると位相が $\lambda/2$ 変化してP波となる。このP波はビームスプリッタ9-1を透過して、ミラー9-5にて反射され偏光変換素子9の下面から射出する。一方、レーザビーム7が

入射してビームスプリッタ 9-1 を透過したP波は、そのまま偏光変換素子 9 の下面から射出する。これらの射出した2本の光束は、レンズ 10 にて集光されて焦点面に 7-1, 7-2 として集光される。

【0012】このような光学構成において、不図示の駆動機構によって光ピックアップ 8 を光軸と直交する矢印方向に移動させると、2本のレーザビーム 7-1, 7-2 は矢印 11-1 のように移動する。するとこれに伴ってレーザビームの放射圧の斥力によって微粒子を押し進めるようにして、矢印 11-2 のように微粒子 5 を移動させることができる。

【0013】<実施例3>図3は本発明の第3実施例を説明するための図面であり、先の図2と同一の符号は同一の部材を表す。図2の構成との違いは2つのレーザ光源を使用して微粒子の周囲に4本のビームを照射することである。2つのレーザ光源 6-1, 6-2 を図のように配置し、図2と同様の光学系によって4本のレーザビーム 6-1-1, 6-1-2, 6-2-1, 6-2-2 を得る。焦点面上に集光されるこれらのレーザビームによって微粒子 5 がトラップされる。

【0014】本実施例では微粒子 5 を周囲の四方にレーザビームを収束照射して、微粒子をその内部にトラップするため、光ピックアップ 8 を光軸垂直方向あるいは光軸方向の任意の方向に移動させてレーザビームの収束位置を三次元的に移動させることで、三次元の任意の方向へ微粒子 5 を搬送することが可能となる。又、2つのレーザ光源 6-1, 6-2 のオンオフ制御により微粒子のトラップ及び解除を自由に行なうことができる。

【0015】<実施例4>次に本発明の第4実施例を説明する。前述の各実施例は1個の微粒子を対象とするものであったが、本実施例では2個の微粒子を個別に移動させ、例えば2個の微粒子同士を付着融合させることができる。

【0016】1本のレーザビームを4分割するために、図4に示すような片側が四角錐の光学素子 10 を用意して図1と同様に構成する。更に光軸上の光源側に光ピックアップ 8 を設ける。光ピックアップ 8 は光軸方向に動かすことができる。同様の光学系を図4に示すように光軸上に対称になるようにもう1台配置し、同一光軸上で各々計2個の微粒子を独立にトラップ及び移動させることができる。

【0017】このように構成において2つの光ピックアップ 8 を光軸方向に沿って動かせば、レーザの収束位置を光軸方向に移動させることができ、そこにトラップさ

れる微粒子をそれぞれ移動させることができる。図5はその様子を示すもので、(a)の状態から(b)の状態に移行させることで2個の微粒子同士を付着融合させている。

【0018】<実施例5>次に本発明の第5実施例を説明する。本実施例では図6に示すように4分割の光学素子 10 の手前に4分割の光学シャッタ 11 を設ける。該光学シャッタ 11 はPLZT光学シャッタであり、四角錐の4面に対応するように放射状に4分割された円形形状を有し、独立に焦点面上の4つのビームをオン、オフすることができる。このような光学系を図6のように2つ並べて配置する。各光ピックアップ 8 は光軸と直交する面内で動かすことができる。

【0019】図7は制御方法を示したもので、2個の微粒子同士を付着させる場合の様子を時系列的な変化として示した。(a)の状態では各微粒子の周囲に4つのビームを照射して微粒子同士が接近するように移動させる。2個の微粒子同士が近づいたら、光学シャッタ 11 を制御して(b)のように各々のレーザービームのうち相手粒子に近い側のビームのみ照射をオフにする。これにより(c)のように安定して2個の微粒子同志を付着させることができる。

【0020】

【発明の効果】本発明によれば、放射圧が斥力として作用する微粒子を簡単な方法によって光学的にトラップすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例を説明するための図である。

【図2】第2実施例を説明するための図である。

【図3】第3実施例を説明するための図である。

【図4】第4実施例を説明するための図である。

【図5】第4実施例を説明するための図である。

【図6】第5実施例を説明するための図である。

【図7】第5実施例を説明するための図である。

【符号の説明】

1 レーザビーム

2 光学素子

3 レンズ

6 レーザ光源

8 光ピックアップ

9 偏光変換素子

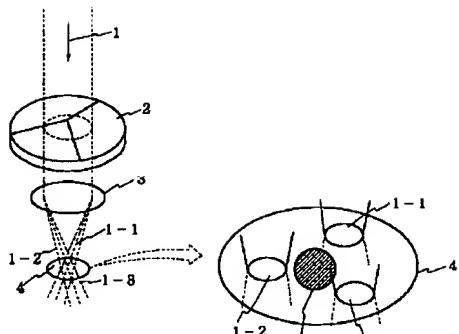
10 光学素子

11 4分割光学シャッタ

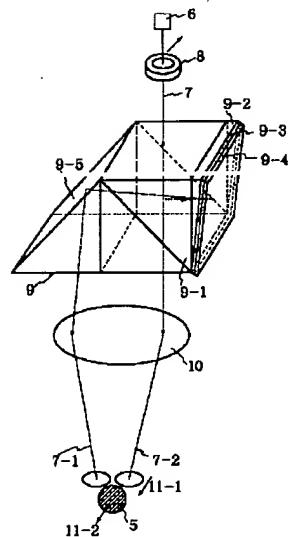
【図 1】

【図 2】

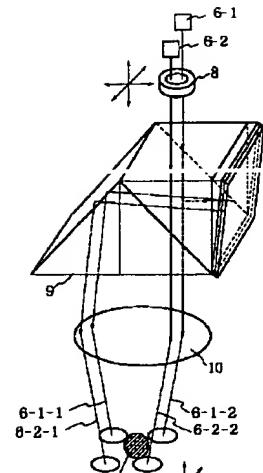
【図 3】



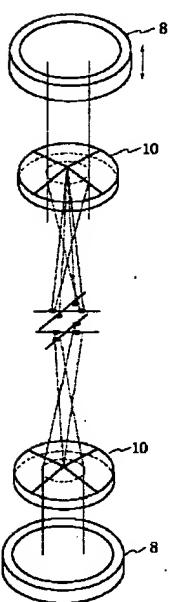
【図 4】



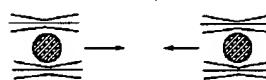
【図 2】



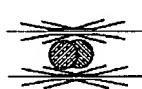
【図 3】



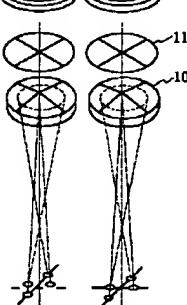
(a)



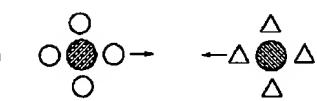
(b)



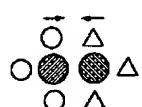
【図 6】



(a)



(b)



(c)

